

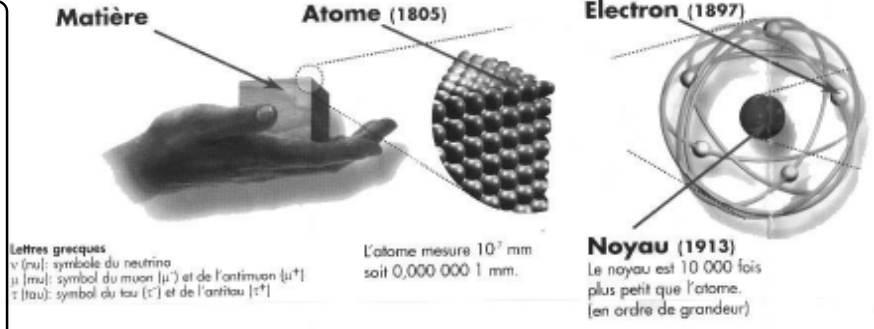
LA RADIOACTIVITE

1. RAPPELS DES CLASSES ANTERIEURES.

1.1 L'ATOME, CONSTITUANT DE LA MATIERE.

Existe-t-il des particules plus élémentaires que d'autres ?

Au total, le modèle standard qui formalise le comportement de la matière recense 24 particules élémentaires, dont aucune ne l'est plus que l'autre. Mais il est possible que la matière n'ait pas fini de dévoiler ses secrets. Les théoriciens soupçonnent qu'il existe d'autres objets, plus infimes encore, mais dont la réalité échappe encore à l'expérience.

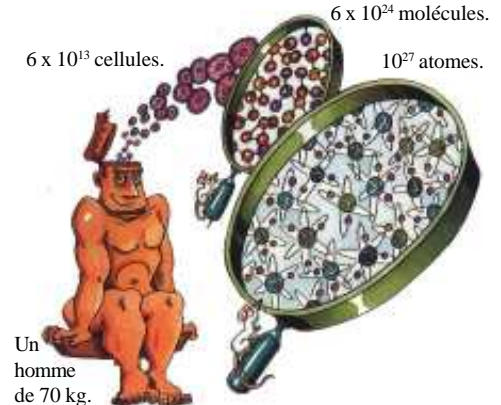
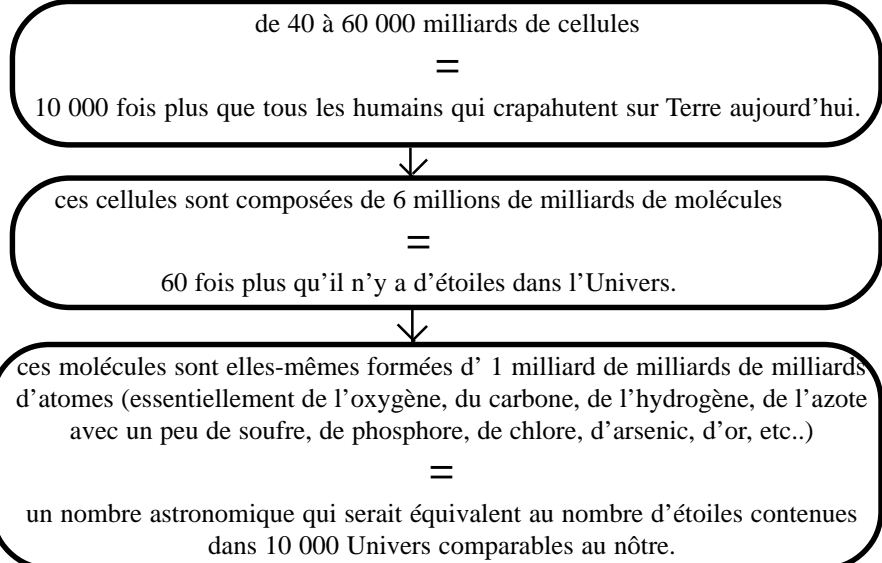


Lettres grecques
 ν (nu): symbole du neutrino
 μ (mu): symbol du muon (μ^-) et de l'antimuon (μ^+)
 τ (tau): symbol du tau (τ^-) et de l'antitau (τ^+)

L'atome mesure 10^{-7} mm soit 0,000 000 1 mm.

Noyau (1913)
 Le noyau est 10 000 fois plus petit que l'atome. (en ordre de grandeur)

Un homme de 70 kg compte:



Si un atome mesurait **1 mm**, une cellule friserait les **10 cm** et un homme de 1,75 m plafonnerait à **1 750 km** de haut !

Le rayon des atomes est de l'ordre de 100 picomètres (1 pm = 10⁻¹² m), soit 10⁻¹⁰ m. Pour se faire une idée de la taille moyenne d'un atome, il y a autant de différence entre la taille d'une orange et la Terre, qu'entre celle d'un atome et cette même orange.



Le noyau est lui-même environ 100 000 fois plus petit que le rayon de l'atome. Un atome est donc formé d'un noyau très petit autour duquel des électrons se déplacent à très grande distance.

Pour mieux se rendre compte des ordres de grandeur relatifs du rayon du noyau et du rayon atomique, on peut imaginer: - un noyau qui aurait la taille d'une balle de tennis, dont le rayon est à peu près égal à 3 cm. Le rayon atomique serait alors égal à 3 km.

- un atome qui aurait la taille du Stade de France, son noyau aurait environ la taille d'une tête d'épingle placée au centre du terrain.

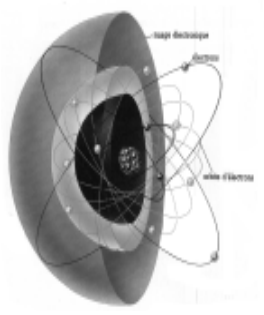
De plus, toute la masse de l'atome est pratiquement concentrée dans le noyau. L'atome est donc constitué essentiellement de vide. On dit qu'il possède une structure lacunaire (lacune signifie absence de matière ou espace vide). Il n'y a pas d'air, c'est le vide.

Pour mieux se rendre compte de la notion de vide, quelques exemples:



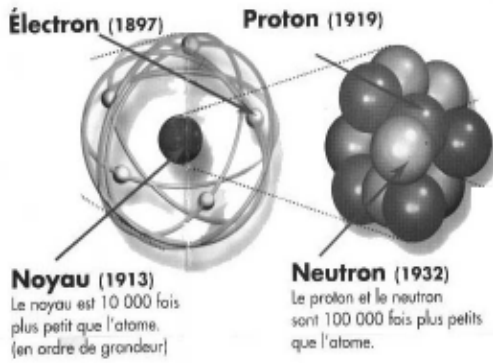
- Frédéric Joliot-Curie utilisait l'image suivante: "si l'on pressait les uns contre les autres les noyaux des atomes de toute l'humanité, ils occuperaient un volume inférieur à celui d'un dé à coudre".

- si on supprimait le vide intérieur de tous les atomes constituant la Terre, on pourrait les rassembler dans une boule de 150 m de rayon.



1.2. LES CONSTITUANTS DU NOYAU.

Le noyau est constitué de particules nommées **nucléons**. On distingue deux types de particules dans la famille des nucléons: les **protons** et les **neutrons**.

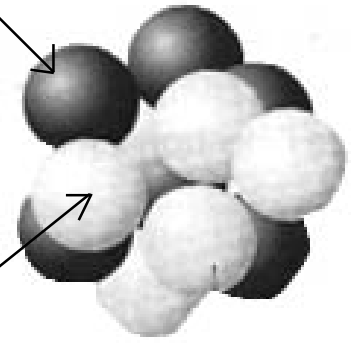


LE PROTON.

Diamètre: 10^{-15} m
 Masse: $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg
 (2 000 x sup à celle de l'électron)
 Charge: positive
 $+1,6 \cdot 10^{-19}$ C

LE NEUTRON.

Diamètre: 10^{-15} m
 Masse: $1,675 \cdot 10^{-27}$ kg
 (2 000 x sup à celle de l'électron)
 Charge: neutre
 (d'où son nom)



1.3. L'INTERACTION FORTE.

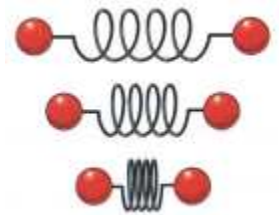
L'interaction forte, bien que 100 à 1 000 fois plus forte que l'interaction électromagnétique, ne nous est pas familière car son action ne dépasse pas les dimensions du noyau, soit 10^{-15} m. C'est pourquoi elle n'est connue que depuis quelques décennies. Elle agit entre les nucléons et plus particulièrement entre les quarks qui sont les constituants des nucléons.

L'interaction forte permet d'expliquer:

- l'existence des noyaux atomiques. Les neutrons et les protons ne pourraient pas s'associer. Il n'y aurait donc pas de molécules et la vie ne serait pas possible;
- des réactions nucléaires se produisent dans le Soleil: des atomes d'hydrogène fusionnent pour former des atomes d'hélium. Il n'y a donc pas, au cours de ces réactions, conservation des éléments: ces réactions ne sont pas des réactions chimiques;
- l'énergie libérée par les réactions nucléaires est beaucoup plus importante que celle libérée par les réactions chimiques, car l'interaction forte est beaucoup plus intense que l'interaction électromagnétique.

L'interaction forte est responsable de la cohésion du noyau atomique. Elle s'exerce entre les nucléons. Ses caractéristiques sont les suivantes:

- Elle est **indépendante de la charge électrique**: elle intervient entre nucléons, qu'ils soient des protons ou des neutrons.
- Elle est de **très courte portée**, de l'ordre de 10^{-15} m. Au-delà de 10^{-14} m, l'interaction forte est négligeable devant les autres interactions.
- Elle est **attractive** entre deux nucléons séparés d'une distance de l'ordre de $2 \cdot 10^{-15}$ m. Sur ces distances, elle est **100 à 1 000 fois** plus forte que l'interaction électrique protons-protons.
- Au contraire de l'interaction gravitationnelle et de l'interaction électrique, **l'interaction forte augmente avec la distance**. L'interaction forte entre deux nucléons peut se comparer à l'action d'un ressort reliant deux billes. Plus les billes s'éloignent et plus le ressort tend à les rapprocher. Quand les billes sont proches, le ressort est détendu et il n'y a plus d'action.
- L'interaction forte se manifeste donc par une attraction intense entre les nucléons du noyau atomique, **mais ne se manifeste plus à l'échelle de l'atome** et a fortiori à l'échelle macroscopique. Les **électrons sont insensibles à l'interaction forte**.



1.4. REPRESENTATION SYMBOLIQUE D'UN ATOME.

Chaque élément chimique est représenté par un symbole.

Pour décrire sa composition, on précise deux caractéristiques:



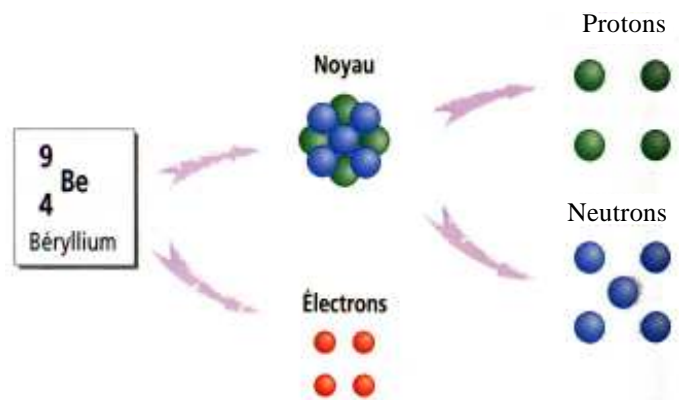
le nombre de masse A

d'un noyau est égal au nombre de nucléons qu'il contient. Il est placé en position supérieure gauche.

le numéro atomique Z

d'un noyau est égal au nombre de protons qu'il contient. Il est placé en position inférieure droite.

Symbole de l'élément



1.5. COMPOSITION D'UN ATOME.

La structure du noyau est parfaitement déterminée par la donnée de A et Z.
A et Z sont des nombres entiers.

Si le noyau contient A nucléons (protons + neutrons) et Z protons, on en déduit que le noyau contient: **(A - Z) neutrons.**

Si le noyau contient Z protons, la **charge du noyau** est donc: **+ Ze.**

Si le noyau contient Z protons, alors il y aura dans le nuage électrique autant d'électrons (atome électriquement neutre) **Z électrons** et la **charge du nuage électronique** est **- Ze.**

Les masses du neutron et du proton étant très supérieures à celle de l'électron, la masse de l'atome est essentiellement concentrée dans son noyau. La **masse d'un atome** contenant A nucléons est pratiquement égale à **A.m_p.**

4. NOTION D'ISOTOPIE.

Deux isotopes ont le même numéro atomique Z, mais des nombres de masse A différents: leurs noyaux possèdent donc le même nombre de protons, mais des nombres différents de neutrons.

Exemple.

Dans un échantillon de cuivre, tous les atomes de cuivre ne sont pas identiques. Il existe deux sortes d'atomes de cuivre (contenant tous 29 protons):

- ceux dont les noyaux comportent 63 nucléons ${}_{29}^{63}\text{Cu}$
- ceux dont les noyaux sont formés de 65 nucléons ${}_{29}^{65}\text{Cu}$

On dit qu'il existe deux isotopes de l'élément cuivre et le phénomène correspondant porte le nom d'isotopie. Les deux isotopes du cuivre sont caractérisés par:

- le même nombre de protons Z = 29 dans leur noyau.
- mais des nombres de neutrons différents (N= 34 ou N=36) dans leur noyau.

Remarque.

- La plupart des éléments dans la nature existent sous la forme de mélanges de plusieurs isotopes.
- Pour un élément, il peut exister des isotopes naturels mais aussi des isotopes artificiels (dont les noyaux sont "fabriqués" par réaction nucléaire dans un accélérateur de particules).
- Des atomes isotopes possèdent le même nombre d'électrons, donc les mêmes propriétés chimiques; ils diffèrent par leurs noyaux et présentent donc des propriétés nucléaires différentes: ainsi seul ${}^{235}\text{U}$ est fissile et peut être utilisé dans les réactions nucléaires.

Sur 1 000 milliards d'atomes de carbone dans la nature, un seul est du carbone 14. On l'appelle ainsi parce que son noyau est composé de 14 particules. Le carbone 14 est radioactif: instable, il se brise spontanément en éjectant un électron. Le carbone 14 disparaît continuellement mais il est naturellement reformé.

Les atomes de ${}_{14}\text{C}$ naissent, dans la haute atmosphère, de la rencontre entre une particule cosmique et un atome d'azote. Le carbone 14, comme les atomes de carbone 12, se lie avec l'oxygène de l'air pour constituer une molécule de CO_2 . Il participe alors au cycle du carbone. Le ${}_{14}\text{C}$ disparaît par sa décomposition radioactive et se régénère en haute atmosphère. Il garde la même concentration dans l'atmosphère, les végétaux et les animaux qui échangent en permanence du carbone avec l'air ou l'eau, tant qu'ils sont vivants. Mais dès qu'un végétal ou un animal meurt, tout échange avec l'atmosphère est stoppé et son carbone reste fixé dans l'organisme. Alors, les atomes de ${}_{14}\text{C}$ disparaissent peu à peu.

Y a-t-il une infinité d'atomes différents ?

En principe, le numéro atomique devrait pouvoir varier de 1 à l'infini; il existerait donc une infinité d'atomes. Dans la réalité, ce n'est pas le cas. Les atomes les plus répandus sont les plus légers et aussi les plus stables, l'hydrogène étant le plus abondant. Les atomes plus lourds, eux, sont plus rares, et sont issus de la fusion nucléaire. En 1869, le tableau périodique des éléments du russe Dimitri Mendeleïev (voir plus loin) comptait une soixantaine d'atomes. Les recherches en ont apporté deux fois plus. Néanmoins, les «transuraniens» (les atomes dont le nombre atomique est supérieur à 92 celui de l'Uranium) sont très instables, à quelques exceptions près.

2. INTRODUCTION A LA RADIOACTIVITE.

«Les conséquences de ces faits se font sentir dans toutes les parties de la science (...) C'est donc là une véritable théorie de la transmutation des corps simples, mais non pas comme le comprenaient les alchimistes. La matière inorganique évoluerait nécessairement à travers les âges suivant des lois immuables (...)

(...) ici on peut se demander si l'humanité a avantage à connaître les secrets de la nature, si elle est mûre pour en profiter ou si cette connaissance ne lui sera pas nuisible (...) Je suis de ceux qui pensent avec Nobel que l'humanité tirera plus de bien que de mal des découvertes nouvelles.»

Ces phrases étonnamment prémonitoires sont prononcées par Pierre Curie dans sa conférence Nobel à Stockholm le 6 juin 1905. La découverte de la radioactivité se situe à la charnière entre deux mondes, au cœur de profondes révolutions scientifiques sans équivalent depuis lors. La première mesure quantitative du rayonnement de l'uranium, l'identification du polonium et du radium, ainsi que l'introduction du terme radioactivité ont lieu à l'EMPCI (Ecole Municipale de Physique et Chimie Industrielle) en quelques mois grâce à l'expérience montée par Pierre et Marie Curie.

La date de «naissance» de la radioactivité ? 1896, Henri Becquerel s'aperçoit que des produits de son laboratoire émettent, sans exposition préalable au Soleil, un rayonnement invisible qui impressionne les plaques photographiques et ionise l'air. Il vient de découvrir la radioactivité naturelle. Où en sont les sciences et techniques en cette fin de siècle ?

Le XIX^e siècle, c'est avant:

- l'avion que Clément Adler invente en 1895;
- la commercialisation de la première matière plastique synthétique, la bakélite, inventé en 1907 par Baekeland;
- l'électronique, inaugurée en 1904 et 1906 par Fleming et l'invention du tube à vide;
- la commercialisation de l'aspirine, en 1900 par Bayer.

Les conditions expérimentales dans lesquelles est étudiée la matière sont également fort limitées en comparaison de celles qui s'ouvriront au XX^e siècle. A titre d'exemple, on peut noter que l'accès aux basses températures n'atteint en pratique 77 kelvins, température d'ébullition de l'azote, tant que l'hélium n'a pas été liquéfié par Kammerling Onnes en 1908.

L'année 1900 est particulièrement fertile en événements scientifiques et techniques. On peut savourer quelques exemples:

L'oscilloscope cathodique

Le physicien allemand Karl Ferdinand Braun conçoit en 1897 un montage qui permet de visualiser un signal électrique dans un tube à vide. Braun dispose une électrode émettant un faisceau d'électrons en direction d'un écran recouvert d'une substance phosphorescente. Celle-ci s'illumine à l'endroit de l'impact. Sur leur trajet, les électrons peuvent être déviés par un champ magnétique, créé par une grosse bobine. Selon le courant électrique qui la parcourt, le point d'impact lumineux se déplace sur l'écran le long d'un segment de droite. Un miroir tournant perpendiculairement à ces déplacements permet de visualiser la forme du courant électrique en fonction du temps. Plus tard, on ajoutera une seconde bobine de déviation, la base de temps qui permet la visualisation directement sur l'écran du tube. En ce début du XXI^e siècle, l'oscilloscope de Braun équipe encore la majorité des téléviseurs !

La TSF.

En 1896, l'italien Guglielmo Marconi dépose, en Grande-Bretagne, son premier brevet pour protéger ses réalisations originales de transmission à distance de signaux Morse par ondes électromagnétiques. La portée des transmissions est de deux kilomètres en 1896, puis elles traversent la Manche en 1899 et l'Atlantique en 1901.

Le cinéma.

Le 28 décembre 1895, Antoine Lumière présente le cinématographe au salon indien du Grand Café à Paris. Cette invention de ses fils Auguste et Louis entre alors dans l'ère industrielle.

L'acier.

Dès 1880, l'acier est étudié dans une collaboration étroite entre industriels et scientifiques. En 1900, Hendrik-Willem Bakhuys Roozeboom établit le diagramme d'équilibre fer-carbone qui représente les domaines d'existence des différents constituants ferreux. Munis de cette carte détaillée, les métallurgistes entreprennent alors l'exploration des aciers alliés à d'autres métaux (aciers spéciaux) grâce auxquels l'industrie automobile, l'industrie aéronautique ainsi que les techniques de production de l'énergie électrique se développent dès le début du XX^e siècle.

Le moteur Diesel.

Rudolf Diesel dépose en 1892 le brevet d'un moteur à pétrole dont le rendement thermique est supérieur à celui du moteur à explosion standard. Le moteur Diesel est aussitôt utilisé dans l'industrie, la marine et les chemins de fer. Développées dès avant la Seconde Guerre Mondiale, les premières voitures particulières Diesel sont principalement fabriquées par Mercedes et Peugeot.

3. LA RADIOACTIVITE.

3.1. DEFINITION.

Un noyau radioactif est un noyau instable dont la désintégration est aléatoire et au cours de laquelle il se transforme en un autre noyau.

Une transformation qui met en jeu des noyaux est appelée réaction nucléaire.

La radioactivité correspond à une réaction nucléaire spontanée avec émission de rayonnement.

3.2. PROPRIETES DES DESINTEGRATIONS.

Les désintégrations radioactives sont:

- Aléatoires. Il est impossible de prévoir l'instant de la désintégration.
- Spontanée. Elles se déclenchent sans aucune intervention extérieure.
- Inéluctables. Un noyau instable se désintégrera tôt ou tard.
- Indépendantes de la combinaison chimique dans laquelle est engagé le noyau radioactif.
- Indépendantes des paramètres de pression et de température contrairement aux réactions chimiques.

3.3. VALLEE DE STABILITE DES NOYAUX.

Pour la centaine d'éléments existants, on connaît: - 350 noyaux naturels dont une soixantaine sont instables;
- et plus de 1500 noyaux artificiels, tous instables.

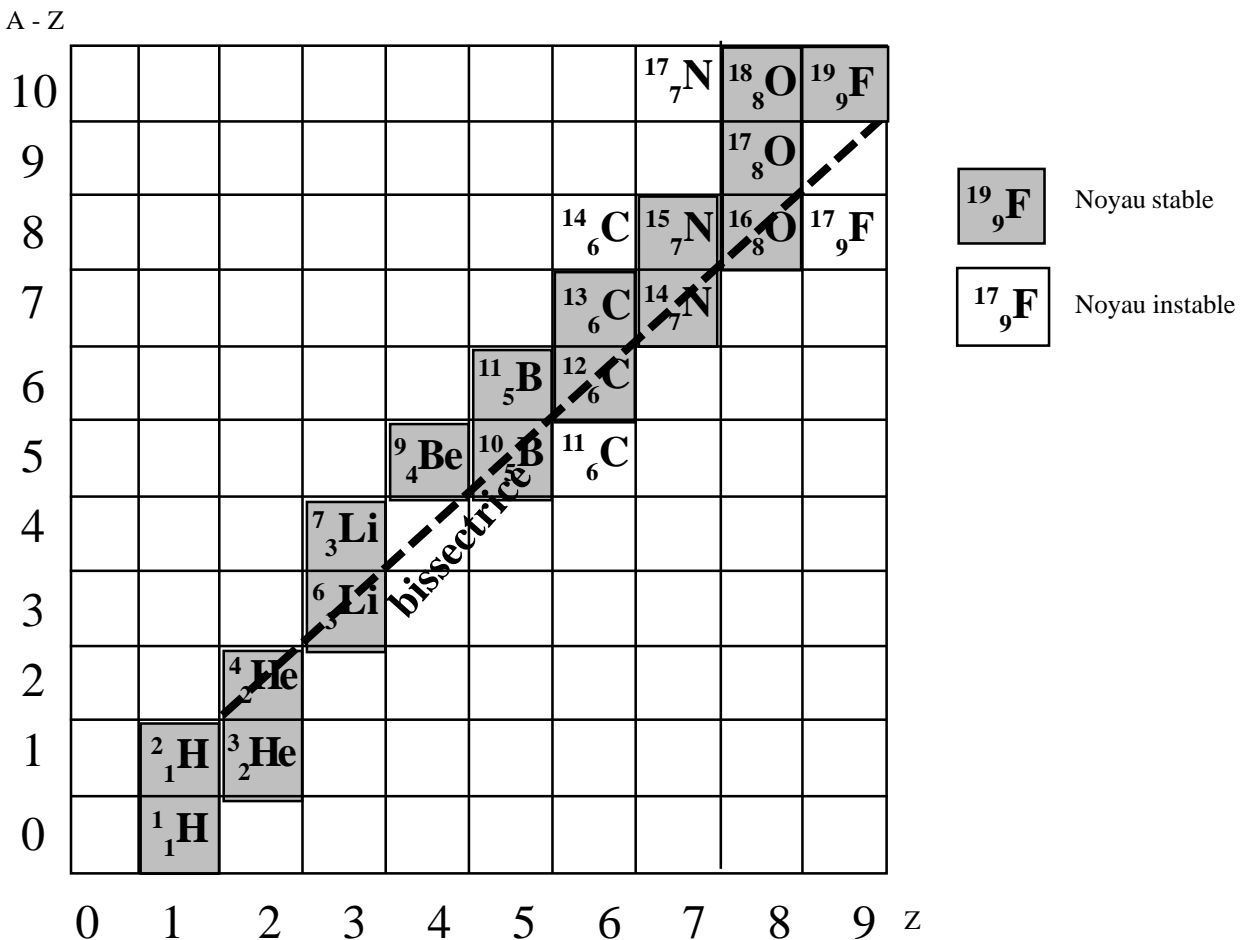
La stabilité d'un noyau résulte de la compétition entre:

- l'interaction forte, responsable de l'attraction entre nucléons. Cette interaction est intense mais à très courte portée;
- et l'interaction électromagnétique, responsable de la répulsion entre protons.

Le diagramme de Segré (voir livre p 267) permet d'étudier comment sont répartis les noyaux stables et instables.

On reporte pour tous les noyaux existants, le nombre de neutrons (A - Z) en ordonnée et le nombre de protons (Z) en abscisse.

Chaque petit carré représente ainsi un noyau atomique.



L'observation du diagramme (Z,N) dans lequel chaque point représente un noyau montre que:

- Des isotopes sont des atomes qui ont le même numéro atomique mais pas le même nombre de masse. Par conséquent, les isotopes d'un même élément appartiennent à la même colonne Z mais pas à la même ligne A - Z.
- Les noyaux qui comptent autant de protons que de neutrons appartiennent donc à la première bissectrice de ce diagramme. Cela correspond à la zone de stabilité, encore appelée **la vallée de stabilité**: elle correspond aux **noyaux stables**:
 - Les noyaux légers $A < 50$ se répartissent au niveau de la première bissectrice;
 - Les noyaux les plus lourds s'écartent de la première bissectrice. Ces noyaux stables comportent plus de neutrons que de protons.
- Tous les autres noyaux, qui comptent plus de protons que de neutrons (exemple $^{11}_6\text{C}$) ou à l'inverse plus de neutrons que de protons (exemple $^{14}_6\text{C}$, $^{17}_7\text{N}$ ou $^{17}_9\text{F}$) sont des **noyaux instables**. En effet:
 - Dans un noyau contenant un grand nombre de protons par rapport aux neutrons sont instables, car un proton subit alors l'interaction forte uniquement de la part des nucléons voisins, alors qu'il subit la répulsion électrostatique de la part de tous les protons du noyau. Il n'y a pas un juste équilibre entre ces deux forces au sein du noyau.
 - La stabilité des noyaux obéit également aux lois de la mécanique quantique: un noyau possédant trop de particules de même type (par exemple trop de neutrons par rapport aux protons) est instable.

On peut distinguer trois catégories suivant leur position par rapport à la vallée de la stabilité:

- En bout de vallée de stabilité, ce sont les noyaux instables les plus lourds, ils se désintègrent et rejoignent le domaine de stabilité en émettant des particules α identifiées à des noyaux d'hélium. On dit qu'ils sont radioactifs α .
- Au-dessus du domaine de stabilité: les noyaux instables sont dits radioactifs β^- . Ils émettent des particules β^- identifiées à des électrons.
- En dessous du domaine de stabilité: les noyaux instables sont dits radioactifs β^+ . Ils émettent des particules β^+ identifiées à des positons.

4. LES EMISSIONS RADIOACTIVES.

4.1. LOIS DE CONSERVATION.

Une désintégration nucléaire peut être modélisée par une équation qui obéit aux deux lois suivantes:

- **Loi de conservation du nombre de charge.**

La somme des nombres de charge du noyau fils et de la particule qui sont formés est égale au nombre de charge du noyau désintégré (noyau père).

- **Loi de conservation du nombre de nucléons.**

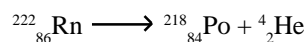
La somme des nombres de nucléons du noyau-fils et de la particule qui sont formés est égale au nombre de nucléons du noyau désintégré (noyau-père).

4.2. RADIOACTIVITE α .

Elle est caractéristique des éléments lourds ($A > 200$), dont le noyau possède trop de nucléons pour être stable.

Ils se transforment en un noyau plus léger, avec émission d'un noyau d'hélium ^4_2He . Ce sont des particules positives appelées aussi particules α .

Exemple: Le radon est émetteur α .

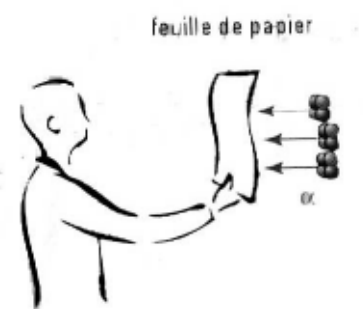
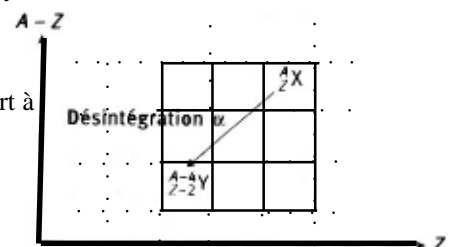
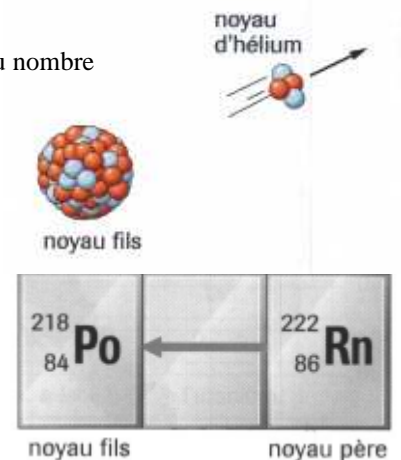


Caractéristiques du rayonnement α .

Les particules α sont arrêtées par quelques centimètres d'air ou une feuille de papier. Le rayonnement α est peu pénétrant mais il est très ionisant; il est de ce fait particulièrement dangereux si des poussières radioactives sont inhalées, ingérées ou si elles sont en contact direct avec la peau.

Dans le tableau de Segré.

Le noyau fils est décalé de deux cases vers le bas et de deux cases vers la gauche par rapport à un noyau père radioactif α .



4.2. RADIOACTIVITE β^-

Elle est caractéristique des éléments ayant trop de neutrons par rapport aux protons.

Des noyaux sont dits radioactifs β^- s'ils émettent des électrons ${}^0_{-1}e$.

Exemple: Le cobalt 60 est émetteur β^- ${}^{60}_{27}\text{Co} \longrightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}e$

Remarque.

L'électron ne provient pas du cortège électronique. Il est expulsé du noyau lors de la réaction nucléaire. La réaction se fait à nombre de nucléons constant $A = \text{Cste}$. Si le nombre de protons augmente d'une unité, le nombre de neutrons diminue d'une unité.

Par conséquent, un électron est produit **lors de la transformation d'un neutron du noyau en un proton.**

Le noyau fils a donc le même nombre de nucléons que le noyau père, mais possède un proton en plus et un neutron en moins.

Caractéristiques du rayonnement β^- .

Les particules β^- sont assez pénétrantes, elles sont arrêtées par quelques millimètres d'aluminium.

Dans le tableau de Segré.

Le noyau fils est décalé d'une case vers le bas et d'une case vers la droite par rapport à un noyau père radioactif β^- .

Exemple

Le carbone ${}^{14}_6\text{C}$ compte trop de neutrons par rapport aux protons: il est instable.

Le carbone ${}^{14}_6\text{C}$ effectue une désintégration de type β^- pour permettre la transformation d'un neutron du noyau en un proton.

Dans le tableau de Segré le carbone ${}^{14}_6\text{C}$ est donc décalé d'une case vers le haut et d'une case vers la gauche par rapport à son noyau fils, car au cours de cette désintégration le nombre de protons du noyau fils augmente d'une unité et dans le même temps, le nombre de neutrons diminue d'une unité.

Cette transformation d'un neutron du noyau en un proton produit un électron.

On aura donc l'équation correspondante: ${}^{14}_6\text{C} \longrightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}e$

4.3. RADIOACTIVITE β^+

Elle est caractéristique des éléments ayant trop de protons par rapport aux neutrons. Elle n'existe que pour des noyaux «artificiels» c'est-à-dire préparés par l'homme.

Des noyaux sont dits radioactifs β^+ s'ils émettent des positons ${}^0_{+1}e$. Ce sont des particules chargées positivement appelées aussi particules β^+ . Elles portent une charge $+e$.

Exemple: Le phosphore 30 est émetteur β^+ . ${}^{30}_{15}\text{P} \longrightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_{+1}e$

Remarque.

La réaction se fait à nombre de nucléons constant $A = \text{Cste}$. Si le nombre de protons diminue d'une unité, le nombre de neutrons augmente d'une unité.

Par conséquent, un positon est produit **lors de la transformation d'un proton du noyau en un neutron.**

Le noyau fils a donc le même nombre de nucléons que le noyau père, mais possède un proton en moins et un neutron en plus.

Caractéristiques du rayonnement β^+ .

Les particules β^+ ont des durées de vie très courtes dans la matière car lorsqu'elles rencontrent un électron, les deux particules s'annihilent et donnent un rayonnement γ : ${}^0_{+1}e + {}^0_{-1}e \longrightarrow \gamma$.

Dans le tableau de Segré.

Le noyau fils est décalé d'une case vers le haut et d'une case vers la gauche par rapport à un noyau père radioactif β^+ .

Exemple

Le carbone ${}^{11}_6\text{C}$ compte trop de protons par rapport aux neutrons: il est instable.

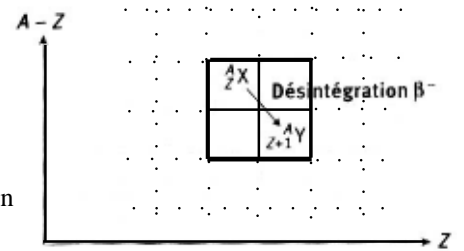
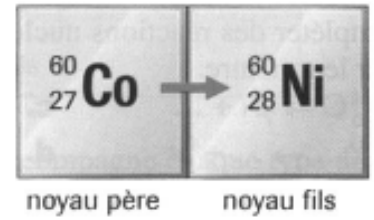
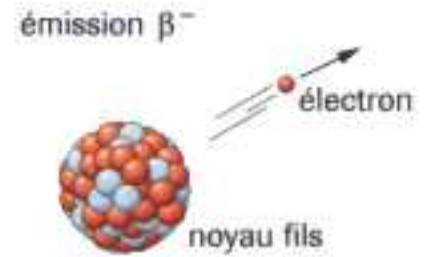
Le carbone ${}^{11}_6\text{C}$ effectue une désintégration de type β^+ pour permettre la transformation d'un proton du noyau en un neutron.

Dans le tableau de Segré le carbone ${}^{11}_6\text{C}$ est donc décalé d'une case vers le bas et d'une case vers la droite par rapport à son noyau fils, car au cours de cette désintégration le nombre de protons du noyau fils diminue d'une unité et dans le même temps, le nombre de neutrons augmente d'une unité.

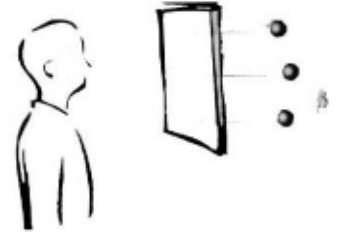
Cette transformation d'un proton du noyau en un neutron produit un positon.

On aura donc l'équation correspondante: ${}^{11}_6\text{C} \longrightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^0_{+1}e$

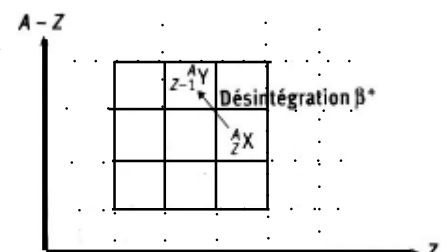
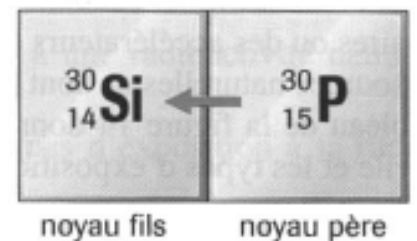
A noter que la réaction se fait à nombre de nucléons constant $A = \text{Cste}$



plaque d'aluminium



émission β^-

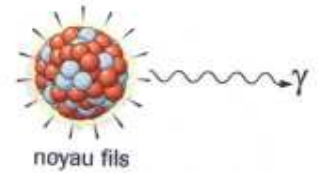


4.4. DESEXCITATION γ

Un rayonnement non chargé, de même nature que la lumière accompagne chacun des trois types de radioactivité. On l'appelle rayonnement γ .

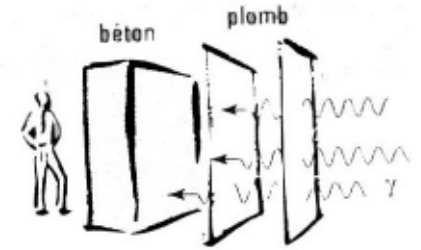
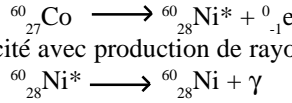
Le noyau fils est généralement obtenu dans un état excité noté Y^* .

C'est la désexcitation du noyau fils Y^* qui produit le rayonnement γ . Des noyaux sont dits radioactifs β^+ s'ils émettent des positons $^0_{+1}e$. Ce sont des particules chargées positivement appelées aussi particules β^+ . Elles portent une charge $+e$.



Exemple:

- On a vu, le cobalt 60 est émetteur β^-
- Dans un second temps, le noyau-fils est désexcité avec production de rayonnement γ .

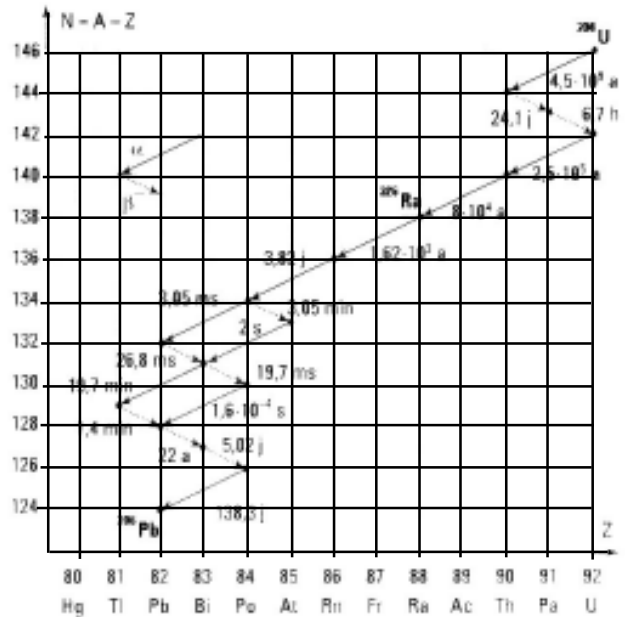


Caractéristiques du rayonnement γ .

Le rayonnement γ est très pénétrant. Il est difficile à arrêter, il faut mettre une vingtaine de centimètres de plomb pour s'en protéger.

4.5. FAMILLE RADIOACTIVE.

Dans certains cas, plusieurs transmutations successives sont nécessaires pour atteindre un état stable: on parle alors de famille radioactive. On peut citer, par exemple, les trois familles naturelles: la famille du Thorium ${}^{232}_{90}\text{Th}$, la famille de l'Uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ et la famille de l'Uranium ${}^{238}_{92}\text{U}$ dont le dernier élément est l'isotope stable du plomb ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.



nature	TERRE	LAIT	HOMME	AIR	CHAMPIGNONS contaminés
nombre moyen de désintégrations par seconde et par kg selon les terrains.	500 et 5000 désintégrations par seconde et par kg selon les terrains.	80 désintégrations/s/L.	130 désintégrations par seconde et par kg.	La CEE recommande de ne pas dépasser une concentration de 400 désintégrations/cm ³ dans les habitations.	De 4200 à 190000 désintégrations/kg. La norme européenne est de 800 désintégrations/kg.
origine	Uranium, thorium et leurs descendants, potassium 40.	Potassium 40.	Potassium 40, carbone 14.	Le radon est un gaz issu de la désintégration de l'uranium.	Césium 137 et 134.

5. LA RADIOACTIVITE DANS NOTRE ENVIRONNEMENT.

On peut distinguer deux types d'exposition à la radioactivité:

- Une exposition extérieure due aux rayons cosmiques provenant des étoiles ou à des éléments radioactifs présents dans la croûte terrestre.
- Une exposition intérieure due à l'inhalation ou à l'ingestion d'éléments radioactifs.

On distingue souvent radioactivité naturelle et radioactivité artificielle. Il s'agit du même phénomène, seule l'origine des noyaux radioactifs diffère:

- Les sources artificielles sont fabriquées par l'homme dans des réacteurs nucléaires ou des accélérateurs de particules;
- Les sources naturelles ne sont généralement pas très actives.

5.UTILISATION MEDICALE DE LA RADIOACTIVITE.

L'action sur les tissus dépend de plusieurs paramètres:

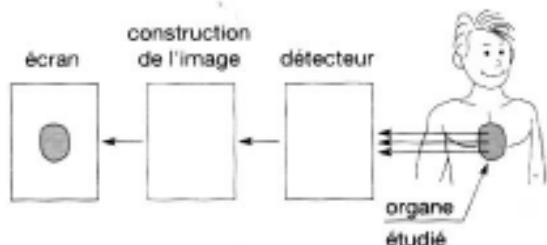
- du nombre de particules reçues par seconde qui est fonction de l'activité A de la source, de la distance à la source et du milieu plus ou moins absorbant de propagation du rayonnement;
- de l'énergie et de la nature de chaque particule;
- du fractionnement de la dose reçue;
- de la nature des tissus touchés.

Le rayonnement radioactif est un rayonnement ionisant qui lors de sa pénétration dans les tissus vivants peut arracher des électrons aux atomes qui constituent les cellules. Les ions ou les radicaux libres créés sont souvent très réactifs et peuvent entraîner des réactions chimiques avec d'autres molécules dont l'ADN.

Les rayons gamma sont produits au cours de certaines désintégrations radioactives. Ils sont très dangereux pour l'homme.

- Les radioéléments sont utilisés comme traceurs pour étudier le fonctionnement d'un organe: c'est le principe de la scintigraphie. Au lieu d'observer l'absorption par l'organisme des rayons X, la scintigraphie repose sur la détection de rayonnements radioactifs gamma émis par le tissu lui-même. Il s'agit donc d'une imagerie par émission. On implante d'abord une substance radioactive qui se fixe préférentiellement dans l'organe dont on désire obtenir l'image: par exemple l'iode ^{131}I radioactif se fixe sur la thyroïde, ou le xénon ^{133}Xe sur le poumon.

Le rayonnement gamma émis par un faisceau très fin par l'une de ces sources radioactives provoque sur un cristal scintillant l'émission d'un petit éclair lumineux. Cet éclair, amplifié par des photomultiplicateurs, provoque l'émission d'un signal électrique qui permet l'inscription d'un point de l'image.



- Les rayons gamma sont également employés en radiothérapie dans la stérilisation d'instruments chirurgicaux, traitement anti-germination des pommes de terre, traitement de produits alimentaires dans le but d'augmenter leur conservation.
- La radiothérapie: la maîtrise de la zone exposée peut permettre de détruire de manière sélective des cellules cancéreuses (radiothérapie).

Les rayonnements électromagnétiques transportent de l'énergie: ils interagissent avec la matière vivante, entraînant:

- soit un chauffage (conversion en énergie thermique);
- soit une altération de la structure des molécules (conversion en énergie chimique)

conduisant à un mauvais fonctionnement ou à la mort des cellules concernées.

Outre les effets nocifs des radiations que nous connaissons, on peut remarquer que les cellules les plus radiosensibles sont les cellules en croissance ou en division rapide. Ainsi, les cellules cancéreuses sont très vulnérables aux radiations; il s'ensuit qu'au moins 50% des patients atteints de cancer sont soumis à une radiothérapie associée souvent à une chirurgie ou à une chimiothérapie. Parfois, l'irradiation est administrée de manière externe par l'emploi de rayons gamma d'une bombe au cobalt (^{60}Co radioactif, émetteur gamma) ou de rayons X, ou de manière interne au moyen d'aiguilles, de fils, ou de rubans contenant des radio-isotopes artificiels qu'on implante dans la tumeur.

Les radiations sauvent un "Ange" de bois.

Pour certaines statuettes religieuses de la fin du XVII^e siècle, dont le bois est très dégradé, les restaurateurs utilisent une méthode mise au point par un chercheur du Commissariat à l'énergie atomique. L'objet est introduit dans un autoclave, où un vide partiel va permettre d'extraire l'air contenu dans le bois afin de mieux laisser pénétrer la résine qui va le renforcer. La statuette est ensuite soumise à des rayonnements gamma d'une source de cobalt 60. Sous l'effet de ce traitement, les molécules de résine se lient entre elles, jusqu'au durcissement du produit. C'est la polymérisation. Ce traitement, irréversible, va doubler le poids de l'objet. Il est réservé aux bois les plus abimés.

Toujours plus de cancers.

La mortalité par cancer des hommes est, en France, la plus élevée d'Europe. Avec 283 décès pour 100 000 habitants en 1999 (toutes localisations confondues), notre pays se place très loin devant la Suède (196 décès). Cette situation défavorable s'explique par le poids de la triade des cancers des voies aérodigestives supérieures (bouches, lèvres, larynx), du foie et du poumon, tous liés à la consommation d'alcool et de tabac.

Au plan national et sur vingt ans, les chiffres mettent en évidence une augmentation de 63 % du nombre des nouveaux cas. Le cancer du poumon est de loin le responsable du plus grand nombre de décès (27 000 morts par an), par ailleurs en très nette hausse chez les femmes, suivi du cancer colorectal (16 000 décès). Quant aux tumeurs de la prostate et du sein (le cancer le plus fréquent 42 000 nouveaux cas), leur augmentation est à rapprocher de la mise en place des dépistages par dosage hormonal du PSA, marqueur du cancer, et par mammographie.

Toutefois, les études Eurocare montrent que le taux de survie, une fois la maladie diagnostiquée est, dans l'Hexagone, l'un des meilleurs d'Europe.

